

PROJECTING EXPOSURE SYSTEM AND MANUFACTURE OF DEVICE USING IT

PUB. NO.: 09-190969 [JP 9190969 A]  
PUBLISHED: July 22, 1997 (19970722)  
INVENTOR(s): YOSHIOKA HITOSHI  
APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP  
(Japan)  
APPL. NO.: 08-019384 [JP 9619384]  
FILED: January 10, 1996 (19960110)  
INTL CLASS: [6] H01L-021/027; G03F-007/20  
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.1 (PRECISION  
INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography)  
JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS); R011 (LIQUID CRYSTALS); R098 (ELECTRONIC  
MATERIALS -- Charge Transfer Elements, CCD & BBD); R100  
(ELECTRONIC MATERIALS -- Ion Implantation)

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To minimize the illuminance irregularity and project a pattern with high resolution by providing a rotatable optical element on which coating whose transmissivity varies with the angle of incidence is applied and whose angle to an optical axis changes, in the vicinity of a secondary light source, and rotating this optical element thereby adjusting the illumination irregularity on the plane of an object.

SOLUTION: An optical integrator 6 constitutes a fly-eye lens, having a plurality of microlenses arranged at specified pitches two-dimensionally along the plane crossing the optical axis at right angles, and forms a secondary light source in the vicinity of the light emission face 6b. Then, an illumination irregularity correcting board 17 consists of an optical element where coating whose transmissivity or spectral transmissivity changes depending upon the angle of incidence is applied on a transparent board. The illumination irregularity correcting board 17 is retained by the holder 18 inclined by a specified angle to the optical axis La. Moreover, the holder 18 can rotate to the optical axis La. Hereby, the angle of incidence of the luminous flux into the illumination irregularity correcting board 17 is changed, whereby the illumination irregularity on the face for irradiation is adjusted.

(有効光源分布)を変える、所謂、変形照明方法を用いて解像力を高める方法がある。

【0003】本出願人はこの変形照明方法を用いて、解像力を高めた露光方法及びそれを用いた投影露光装置を、特開平4-267515号公報で提案している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】一般に投影光学系の面上の有効光源分布(光強度分布)は投影するパターン像の解像力に大きく影響してくる。この為、現在の半導体チップ製造用の投影露光装置では各工程毎に最適な方法でレチクルを照明できる複数の照明モードをもって変形照明することが提案されている。又、多くの投影露光装置では、複数の照明モードのうち、ある照明モードAで照度むらが最小になるように照明系の各要素の位置を調整している。しかしながら、変形照明方法を用いて照明モードを照明モードAと異なる照明モードBに変えたときは、照明系の各要素が照明モードAと同じでは必ずしも照度むらが最小とはならなかった。

【0005】この為、照明系の各要素を調整した照明モードAでは照度むらが少なく露光装置の実力が発揮できるが、照明モードBでは照度むらが発生して露光装置の実力を十分発揮することができないという問題点があった。

【0006】本発明は、照明モードを種々と切り替えても照度むらが最小となり、レチクル面上の各種のパターンをウエハ面上に高い解像力で投影できる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0007】特に、本発明は2次光源形成手段としてのオブティカルインテグレータを含む照明系を用いて被照射面を照明する際、入射角度によって分光特性を異なる光学素子を用いることにより、変形照明や通常照明等の種々な照明モードにおいて、適切な照度分布で被照射面を照明することができ、レチクル面上のパターンをウエハ面上に高い解像力で容易に露光転写することができる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法の提供を目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の投影露光装置は、

(1-1) 光入射面を有し該光入射面で光源からの光を受け、該光出射面側に2次光源を形成する2次光源形成手段と、該2次光源からの光を物平面上に照射する光照射手段と、光照射された該物平面上のパターンを像平面上に投影する投影手段とを有し、該2次光源の近傍に入射角度により透過率が異なるコーティングを施した光軸に対してなす角が変化する回動可能な光学素子を設け、該光学素子を回動させて該物平面上の照度分布を調整していることを特徴としている。

【0009】特に、(1-1-1) 前記光学素子に所定

の開口形状の開口絞りを設けた絞り一体型光学素子を複数個有し、該複数の絞り一体型光学素子の開口絞りの開口形状は互いに異なっており、このうちの1つの絞り一体型光学素子を選択して光路中に挿脱可能に装着していること、(1-1-2) 前記光学素子は前記開口絞りに対して回動可能となるように構成していること、(1-1-3) 前記光学素子は平行平板又は光学楔より構成されていることを特徴としている。

【0010】(1-2) 光源からの光束を複数の微小レンズを2次的に配列したオブティカルインテグレータに導光し、該オブティカルインテグレータの光出射面からの光束を光照射手段により集光して、物平面上のパターンを照明し、該物平面上のパターンを投影光学系により像平面上に投影する際、該オブティカルインテグレータの光出射面の近傍に入射角度により透過率が異なるコーティングを施した光軸に対してなす角が変化する回動可能な光学素子を設け、該光学素子を回動させて該物平面上の照度分布を調整していることを特徴としている。

【0011】特に、(1-2-1) 前記光学素子に所定の開口形状の開口絞りを設けた絞り一体型光学素子を複数個有し、該複数の絞り一体型光学素子の開口絞りの開口形状は互いに異なっており、このうちの1つの絞り一体型光学素子を選択して光路中に挿脱可能に装着していること、(1-2-2) 前記光学素子は前記開口絞りに対して回動可能となるように構成していること、(1-2-3) 前記光学素子は平行平板又は光学楔より構成されていることを特徴としている。

【0012】本発明のデバイスの製造方法は、

(2-1) 光源からの光束を2次光源を形成する複数の微小レンズより成るオブティカルインテグレータに導光し、該オブティカルインテグレータの光出射面からの光束を光照射手段により集光してレチクル面上のパターンを照明し、該パターンを投影光学系によりウエハ面上に投影し露光した後に、該ウエハを現像処理してデバイスを製造する際、該オブティカルインテグレータの光出射面の近傍に入射角度により透過率が異なるコーティングを施した光軸に対してなす角が変化する回動可能な光学素子を設け、該光学素子を回動させて該物平面上の照度分布を調整していることを特徴としている。

【0013】特に、(2-1-1) 前記光学素子は前記開口絞りに対して回動可能となるように構成していること、(2-1-2) 前記光学素子は平行平板又は光学楔より構成されていることを特徴としている。

【0014】(2-2) 前記光学素子に所定の開口形状の開口絞りを設けた絞り一体型光学素子を複数個有し、該複数の絞り一体型光学素子の開口絞りの開口形状は互いに異なっており、このうちの1つの絞り一体型光学素子を選択して光路中に挿脱可能に装着していることを特徴としている。

【0015】特に、(2-2-1) 前記光学素子は前記

開口絞りに対して回動可能となるように構成していること、(2-2-2)前記光学素子は平行平面板又は光学楔より構成されていることを特徴としている。

【0016】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施形態1の要部概略図である。図2は図1の一部分の拡大説明図である。

【0017】図中、2は楕円鏡である。1は光源としての発光管であり、紫外線及び遠紫外線等を放射する高輝度の発光部1aを有している。発光部1aは楕円鏡2の第1焦点2a近傍に配置している。3はコールドミラーであり、多層膜を備え、発光部1aからの光の内の大部分の赤外光と可視光を透過させると共に大部分の紫外光を反射する。楕円鏡2はコールドミラー3を介して第2焦点4近傍に発光部1aの像(光源像)1bを形成している。

【0018】5は光学系であり、コンデンサーレンズやズームレンズ(変倍光学系)等から成り、第2焦点4近傍に形成した発光部像1bをオプティカルインテグレートタ6の光入射面6aに再結像させている。この時の結像倍率は光学系5をズームレンズより構成し、それにより変更可能としている。

【0019】尚、光学系5の光路中には必要に応じてプリズムを設けて、後述する変形照明に対応してオプティカルインテグレートタ6の入射面6a上での照度分布を調整するようにしている。

【0020】オプティカルインテグレートタ6は複数の微小レンズ6-i(i=1~N)を光軸と直交する平面に沿って2次元的に所定のピッチで配列してハエの眼レンズを構成しており、その光射出面6b近傍に2次光源を形成している。

【0021】ここでオプティカルインテグレートタ6は光入射面6aを有し、光入射面6aで光源1からの光を受け、光射出面6bに2次光源を形成する2次光源形成手段の一要素を構成している。又、楕円鏡2、ミラー3、そして光学系5は光源1の像を2次光源形成手段の光入射面に投影する光源像投影手段の一要素を構成している。

【0022】7は可変開口絞りであり、通常の円形開口の絞りを含む、図3(A)、(B)、(C)、(D)に示すような投影レンズ13の瞳面14上の光強度分布を変化させる各種の絞りから成っている。これにより、所謂、変形照明を行っている。

【0023】図3(A)が示す絞りは通常用いられている開口絞りであり、開口径は $\sigma$ 値(=照明光学系のNA/投影光学系のNA)が0.5~0.7程度となる大きさである。図3(B)が示す絞りは $\sigma$ 値が0.3~0.4程度となる開口径をもつ開口絞りであり、位相シフトマスクを用いたとき等に用いられる。図3(C)が示す絞りは輪帯照明用開口絞りであり、図3(D)が示す開

口絞りは4重極照明用開口絞りであり、解像力及び焦点深度を向上させる変形照明を行なう絞りの一種である。

【0024】本実施形態では、可変開口絞り7として7a、7b、7c、7dの何れかを選択することにより照明モードを変えている。この為に、開口絞り7a~7dを形成した円盤状ターレットを用いている。

【0025】17は照度むら補正板であり、透明基板上に入射角度によって透過率又は分光透過率が変わるコーティング(多層膜)を施した光学素子より成っている。照度むら補正板17は光軸Laに対して所定の角度傾けられるホルダー18によって保持している。又、ホルダー18は光軸Laに対して回転可能となっている。これにより照度むら補正板17への光束の入射角を種々と変えて、被照射面上における照度むらを調整している。

【0026】本実施形態では、図2に示すように、開口絞り7、照度むら補正板17、そしてホルダー18は一つのユニット19として構成している。このユニット19は絞り付きフィルター交換機構16に簡単に着脱可能となっており、必要に応じて交換可能である。絞り付きフィルター交換機構16には複数のユニット19が装着でき、ユニット19は照明モードに応じて絞り付きフィルター交換機構16の回転によって任意に選択している。本実施形態において、開口絞り7や光学系5、そして照度むら補正板17などは2次光源の光強度分布を変える2次光源調整手段の一要素を構成している。

【0027】8は集光レンズとしてのコンデンサーレンズである。9はミラー、10はマスキングブレードである。オプティカルインテグレートタ6の光射出面6b近傍の2次光源から射出した複数の光束は、照度むら補正板17を通過した後に、集光レンズ8で集光され、ミラー9で反射し、マスキングブレード10に入射し、該マスキングブレード10の開口面を均一に照明している。マスキングブレード10は、複数の可動の遮光板より成り、任意の開口形状が形成されるようにしている。

【0028】11は結像レンズであり、マスキングブレード10の開口を被照射面としてのレチクル(物平面)12面上に結像し且つ、レチクル12面上の必要な領域を均一に照明している。ここで集光レンズ8、ミラー9、結像レンズ11などは2次光源からの光を物平面に照射する光照射手段の一要素を構成している。

【0029】13はレンズ系より成る投影光学系(投影手段)であり、レチクル12面上の回路パターンをウエハチャックに載置した像平面であるウエハ(基板)15面上に縮小投影している。投影光学系は屈折系の他に投影ミラーなどの反射系を含む反射屈折光学系等により構成しても良い。14は投影光学系13の瞳面(絞り)である。

【0030】本実施形態における光学系では、発光部1aと第2焦点4とオプティカルインテグレートタ6の入射面6aが略共役関係となっている。又、マスキングブレ

ード10とレチクル12とウエハ15が共役関係となっている。又、開口絞り7と投影光学系13の瞳面14とが略共役関係となっている。

【0031】本実施形態では以上のような構成により、レチクル12面上の回路パターンをウエハ15面上に縮小投影し、ウエハ15を回路パターン像により露光している。そして所定の現像処理過程を経て半導体素子を製造している。

【0032】次に、本実施形態において開口絞り7の開口形状を変えて照明モードを変えると共に照度むら補正板17を回動させることにより、ウエハ15面上の照度むらを補正する方法について説明する。

【0033】図4(A)、(B)は本実施形態における照度むら補正板17で用いている光学薄膜(コーティング膜)の光学特性(分光特性)の説明図である。同図では、横軸に波長、縦軸に透過率Tをとっている。

【0034】同図では、特定の波長に対して高い透過率を示す光学薄膜の分光特性を示している。図中、 $\lambda_0$ は露光波長、実線の曲線Paは入射角度 $\theta=0$ 、点線の曲線Pbは入射角度 $\theta=\epsilon$ の場合の分光透過率を示している。一般に光学薄膜は入射角が大きくなると分光特性が短波長側にシフトする。光学薄膜が露光波長に対して透過率が傾きを持つ曲線Paのような特性を持つ場合、入射角度が0度でなくなると分光特性が短波長側にシフトして曲線Pbの状態になる。このとき露光光は、照度むら補正板への入射角度の違いによって透過率の差 $\Delta T$ となる。

【0035】本実施形態では以上のような分光特性を有する光学薄膜を施した照度むら補正板17を用いて、露光光に対する透過率を入射角度の変化により敏感に変化させている。即ち、図5に示すように、照度むら補正板17を光路中で回転させて光束の入射角度を変えることにより、マスキングブレード10(ウエハ面15)の各点Qa、Qb、Qcでの照度むらを種々と補正するようにしている。

【0036】図5は図1の照度むら補正板17近傍の光路の拡大説明図を示している。同図においては、フライアイレンズ6の射出面6b近傍には絞り7があり、任意の2次光源形状を形成している。2次光源からの光束は照度むら補正板17を透過し、コンデンサーレンズ8によって収斂し、マスキングブレード(被照射面)10を照明する。このとき2次光源からの射出角が同じ光線は被照射面10上の同じ場所を照明する。即ち、射出角 $\alpha$ の光線は点Qa、射出角0の光線は点Qb、射出角 $\gamma$ の光線は点Qcに集光する。従って位置Qaの照度を低くしたいときには、射出角 $\alpha$ の光線の透過率を低くしてやればよい。

【0037】例えば、図3(C)の絞り7を用いた輪帯照明のときの照度むらが、図6(A)であったとする。おおざっぱにみると高い像高では照度が高くなってい

る。よって照度むら補正板17には、図4(A)のような入射角が大きくなるほど照度が落ちる特性の膜をもつものを用いる。照度むら補正板17を光軸に対して垂直に挿入すると照度むらは図6(C)のようになる。照度むら補正板17を光軸に垂直に挿入すると光軸に対して同一像高での照度の補正量はほぼ等しいので、図5の位置Qa、位置Qcともに照度が低下している。しかし中心照度に対して位置Qaでは照度が高く、位置Qcでは照度が低くなっている。

【0038】これは照度むらが像高別照度むら(光軸に対して等しい照度むら。レンズの反射防止膜の角度特性などに起因する。)だけでなく、非対称な照度むら(像面上で傾きを持つ照度むら。レンズ系の偏心などに起因する。)があるからである。

【0039】ここで照度むら補正板17を矢印mの方向に傾ければQaに集光される光線の照度むら補正板17に入射する角度は大きくなり、点Qcに集光される光線の照度むら補正板17に入射する角度は小さくなる。すると点Qaに集光する光線の透過率は小さくなり、点Qcに集光する光線の透過率は大きくなり、相対的に点Qcの照度は上昇する。これにより照射面10上での照度むらを、図6(C)のごとくするように改善している。

【0040】また図3(B)、(D)等の絞りを用いた別の照明モードにおいて、照射面上での高い像高になるほど照度が低くなるような照度むらを示した場合には、図4(B)のごとく入射角が大きくなるほど透過率が大きくなるようなコーティングを施した照度むら補正板を用いることにより、速やかに照度むらを補正するようにしている。このように各照明モードに応じた分光特性の異なる照度むら補正板を用い、かつ照度むら補正板の光軸に対する角度を制御することにより、照明モードを変えても照射面上の照度むらを小さく押さえるようにしている。

【0041】本実施形態では、像面上のある断面での照度むら補正について述べているが、絞りに対して照度むら補正板が回転できる構造になっていることにより、あらゆる断面での照度むらを補正することができる。また照度むら補正板はホルダーにより絞りと一体化されているが、絞り付きフィルター交換機構16とは簡単に着脱可能となっており、別の絞りと別の照度むら補正板を組み合わせて装着しても良く、これによれば、あらゆる変形照明に対して均一な照度を得ることができる。

【0042】次に図7(A)~(C)、図8(A)~(C)に照度むら補正板などの他の実施形態を示すが、便宜上、照度むら補正用の光学薄膜については、図4(A)のように入射角が大きくなるほど透過率が小さくなるようなコーティングを施したものを用いるとする。

【0043】図7(A)は照度むら補正板17の角度を容易に制御できるホルダー18の実施形態を示している。このホルダー18は円筒を斜めに切った2つの鏡筒

18a, 18bからなり、それぞれの鏡筒18a, 18bが光軸に対して独立に回転できるようになっている。そして射出側の鏡筒18bの射出面に照度むら補正板17を固定している。

【0044】以下に本機構によって像面上の照度が補正できることを説明する。図7(B)は、この2組の鏡筒18a, 18bを互い違いに構成して、絞り面の照射面側に設置した概略図である。このときの照度分布が図6(B)のごとく照射面Qaの照度が相対的に高いとする。このとき本実施形態の射出面側の鏡筒18bを180度回転させて(図7(C))、照度むら補正板17を光軸に対して傾けて、これにより照射面10上の照度むらを補正している。

【0045】図8(A)は角度制御機構17を照度むら補正板そのものに持たせる他の実施形態を示している。本実施形態では、図8(A)のごとく照度むら補正板17が同じ斜角の2枚の光学楔17a, 17bより構成している。そして光学楔17a, 17bが光軸に対してそれぞれ独立に回転できるようになっている。本実施形態では照度むら補正用の光学薄膜は2つの光学楔17a, 17bのそれぞれ向かい合う2面に施されている。以下に本機構によって像面上の照度が補正できることを説明する。

【0046】図8(B)はこの2組の光学楔17a, 17bを厚い部分と薄い部分が向き合うように構成して絞り面の照射面側に設置した概略図である。このときの照度分布が図6(B)のごとく照射面Qaの照度が相対的に高いとする。このとき本実施形態の入射側の光学楔17aを180度回転させる(図8(C))と点Qaに集光する光線の1つ目の光学楔17aを射出する際の透過率が図8(B)の状態より高くなり、点Qcに集光する光線の1つ目の光学楔17aを射出する際の透過率が図8(B)の状態より低くなる。これによって相対的に照射面上での照度むらを補正している。

【0047】尚、以上の各実施形態においては水銀ランプを光源とする投影露光装置の例を示したが、レーザー光源を用いる場合にも照度むらを同様に補正することができる。

【0048】次に上記説明した投影露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【0049】図9は半導体デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等)の製造のフローを示す。

【0050】ステップ1(回路設計)では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2(マスク製作)では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。

【0051】一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ

上に実際の回路を形成する。

【0052】次のステップ5(組立)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。

【0053】ステップ6(検査)ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ7)される。

【0054】図10は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。

【0055】ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。

【0056】ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(エッチング)では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ19(レジスト剥離)ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによりウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0057】本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【0058】

【発明の効果】本発明によれば、以上のように各要素を設定することにより、照明モードを種々と切り替えても照度むらが最小となり、レチクル面上の各種のパターンをウエハ面上に高い解像力で投影できる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【0059】又、本発明によれば以上のように、2次光源形成手段としてのオプティカルインテグレートを含む照明系を用いて被照射面を照明する際、入射角度によって分光特性を異なる光学素子を用いることにより、変形照明や通常照明等の種々な照明モードにおいて、適切な照度分布で被照射面を照明することができ、レチクル面上のパターンをウエハ面上に高い解像力で容易に露光転写することができる投影露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態1の要部概略図

【図2】 図1の一部分の拡大斜視図

【図3】 図1の一部分の説明図

【図4】 図1の光学素子の分光特性の説明図

11

- 【図5】 図1の一部分の拡大説明図  
 【図6】 図1の被照射面の照度むらの説明図  
 【図7】 図1の光学素子の駆動方法の説明図  
 【図8】 図1の光学素子の駆動方法の説明図  
 【図9】 本発明に係るデバイスの製造方法のフローチャート

チャート

【図10】 本発明に係るデバイスの製造方法のフローチャート

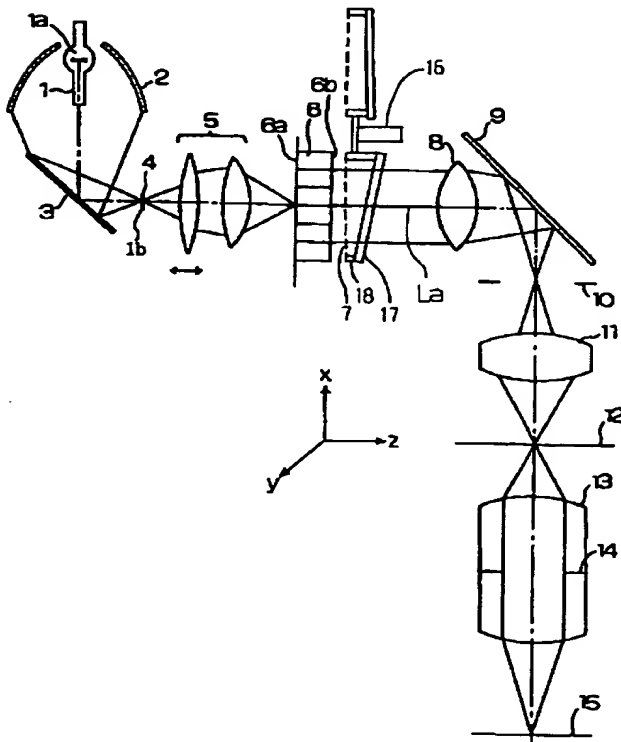
## 【符号の説明】

- 1 水銀ランプ等の紫外線源  
 1a 発光部  
 2 楕円ミラー  
 3 コールドミラー  
 4 第2焦点

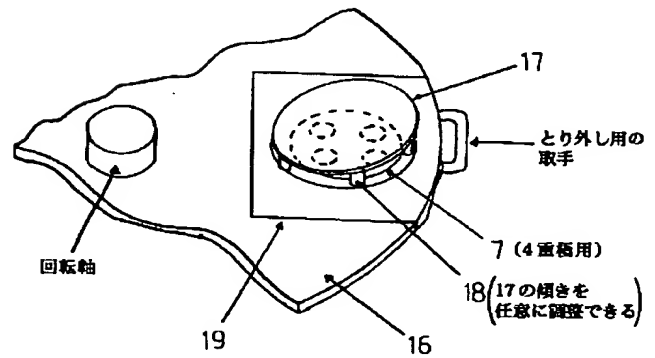
12

- 5, 8, 11 コンデンサーレンズ  
 6 オプティカルインテグレータ (ハエの目レンズ)  
 6a ハエの目レンズ入射部  
 6b ハエの目レンズ射出部  
 7 絞り  
 9 反射ミラー  
 10 マスキングブレード  
 12 レチクル  
 13 投影レンズ  
 10 14 投影レンズ瞳  
 15 ウエハ  
 16 絞り付きフィルター交換機構  
 17 照度むら補正板 (光学素子)  
 18 ホルダー

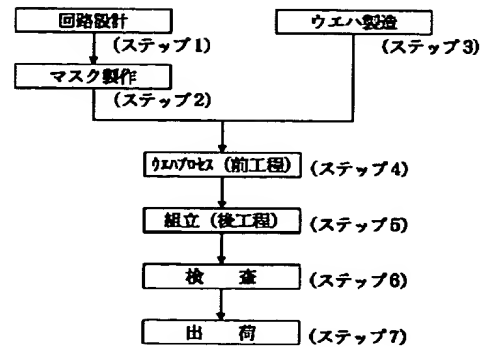
【図1】



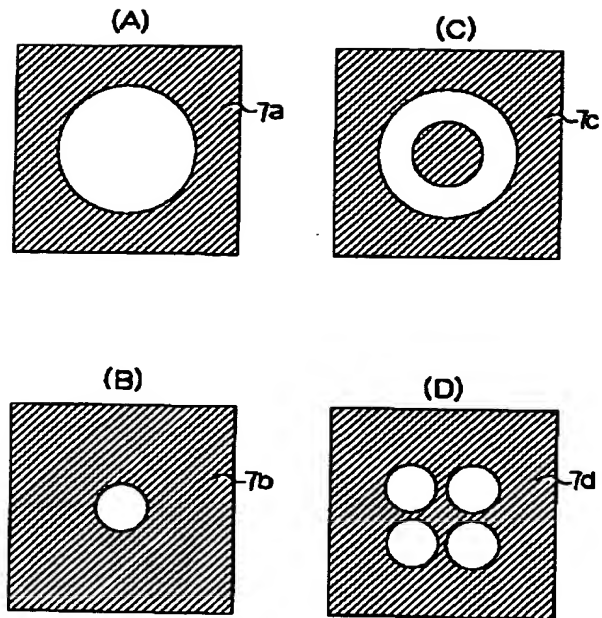
【図2】



【図9】

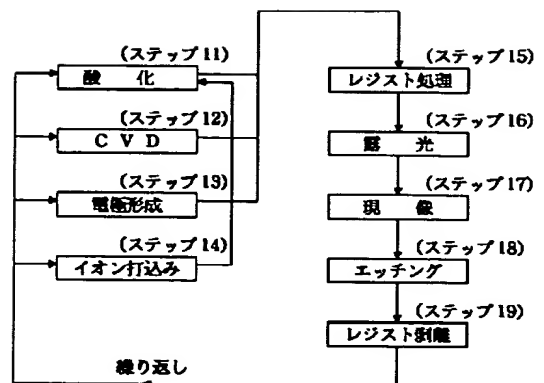


【図3】

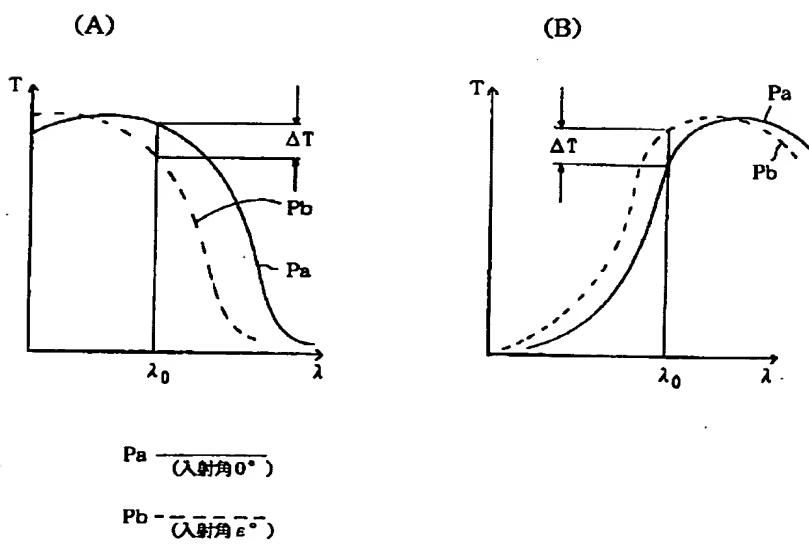


(斜線部が透光部である)

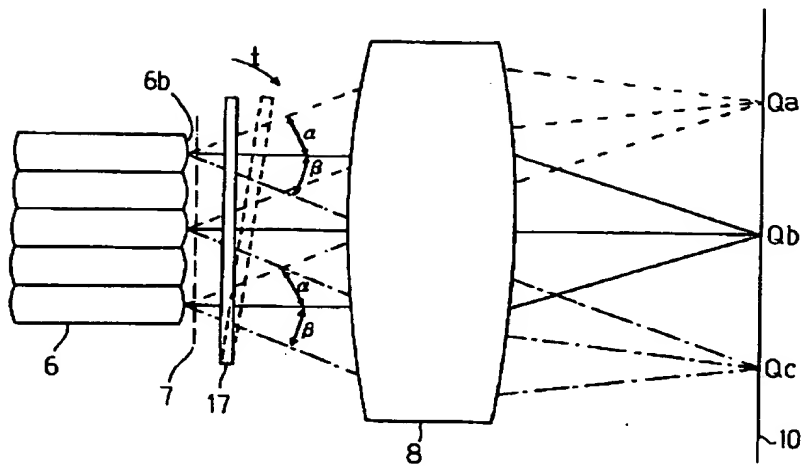
【図10】



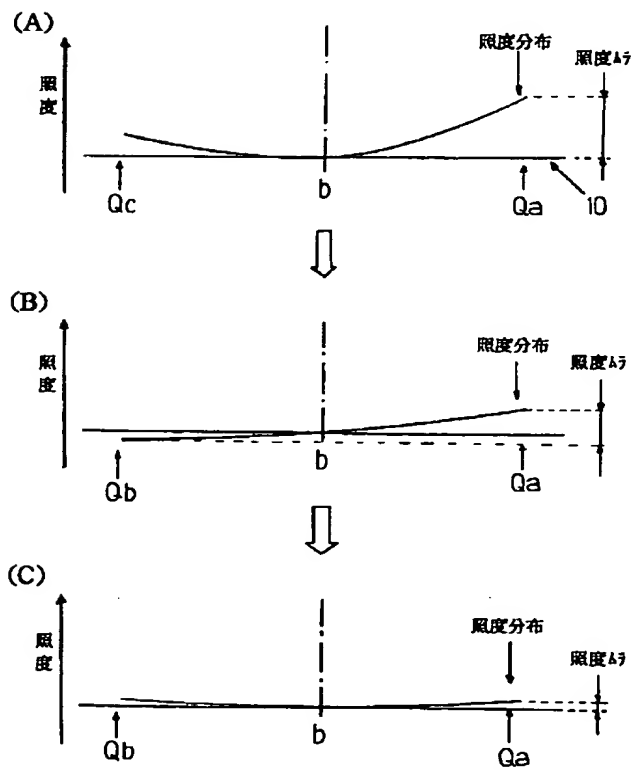
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

